



Eur päisch s Patentamt  
Eur p an Patent Office  
Offic eur pé n des brev ts

(11) Numéro de publication:

**0 045 258**  
**A2**

(12)

## DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(21) Numéro de dépôt: 81401195.3

(51) Int. Cl.<sup>3</sup>: **H 01 L 31/02, H 01 L 31/06**

(22) Date de dépôt: 24.07.81

(30) Priorité: 30.07.80 FR 8016788

(71) Demandeur: **SOCIETE ANONYME DE TELECOMMUNICATIONS**, 40 avenue de New York, F-75116 Paris (FR)

(43) Date de publication de la demande: 03.02.82  
Bulletin 82/5

(72) Inventeur: **Pichard, Guy**, 4, Villa Provence, F-94430 Chennevières (FR)  
Inventeur: **Royer, Michel**, 29, rue Claude Decaen, F-75012 Paris (FR)

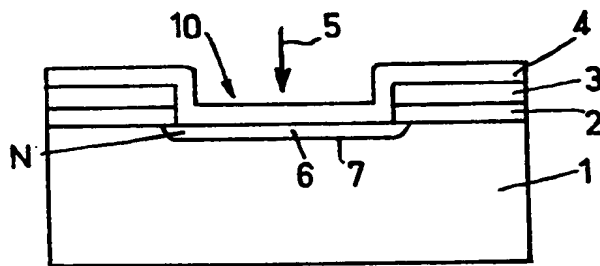
(84) Etats contractants désignés: **DE GB NL**

(74) Mandataire: **Bloch, Robert et al**, 39 avenue de Friedland, F-75008 Paris (FR)

(54) **Détecteur photovoltaïque sensible dans l'infrarouge proche.**

(57) Un détecteur photovoltaïque ayant sa sensibilité maximale entre 0,8 et 2  $\mu\text{m}$ , caractérisé par le fait qu'il comprend un substrat (1) de type P en  $\text{Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{Te}$ , x étant choisi, à l'intérieur d'une plage de 0,4 à 0,9, en fonction de la réponse spectrale désirée, le substrat ayant une concentration en porteurs P inférieure à  $10^{15}/\text{cm}^3$ , et une zone dopée (6) de type N formée sur le substrat (1), le jonction (7) résultante étant du type PIN.

Application à la détection des signaux transmis par des fibres optiques.



**EP 0 045 258 A2**

ACTORUM AG

Détecteur photovoltaïque sensible dans l'infrarouge proche.

La présente invention concerne un détecteur photovoltaïque dont la sensibilité maximale se situe entre 0,8 et 2  $\mu\text{m}$ , comprenant un substrat de type P et une zone de type N formant une jonction avec le substrat.

- 5 Dans les détecteurs photovoltaïques, il est souhaitable que le temps de réponse soit le plus faible possible. Cela est essentiel en particulier lorsqu'on utilise de tels détecteurs pour détecter les signaux lumineux transmis par des fibres optiques, le débit numérique dans ce type de liaisons étant extrêmement élevé.

- 10 On sait d'autre part que l'atténuation dans la transmission par fibre optique est minimale pour une longueur d'onde de 1,3  $\mu\text{m}$  et/ou de 1,6  $\mu\text{m}$ , et il s'agit donc de mettre au point un détecteur sensible à ces longueurs d'onde et présentant les caractéristiques de réponse requises.

- 15 L'invention a pour objet un détecteur photovoltaïque comprenant un substrat de type P en  $\text{Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{Te}$ , x étant choisi, à l'intérieur d'une plage de 0,4 à 0,9, en fonction des caractéristiques spectrales désirées, le substrat ayant une concentration en porteurs P inférieure à  $10^{15}/\text{cm}^3$ , et une zone dopée de type N formée sur le substrat.

- 20 Du fait de la pureté très élevée du substrat, et de la structure particulière du composé ternaire  $\text{Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{Te}$ , qui comporte des lacunes de mercure et/ou de cadmium, l'introduction d'un agent dopant en concentration appropriée aboutit à la création d'une zone intrinsèque de dopage intermédiaire entre celui de la zone P et celui de la zone N, c'est-à-dire d'une jonction PIN, et ce de façon extrêmement simple. Une telle jonction, étant donné son très faible dopage et son épaisseur relativement importante, possède une capacité très faible et le détecteur présente ainsi un

temps de réponse très court et peut fonctionner sous une tension de polarisation inverse élevée.

5 Pour former la zone N, on utilisera de préférence du mercure comme agent dopant, et on procèdera à une diffusion thermique du mercure selon la technique planar, conformément à l'enseignement du brevet français 2 336 804.

10 Un autre procédé utilisable est l'implantation ionique d'atomes possédant, après un recuit approprié, une activité électrique de type N, tels que des atomes d'indium, d'aluminium ou de bore.

L'invention sera bien comprise à la lecture de la description ci-après faite en référence aux dessins annexés.

Dans les dessins :

15 - les figures 1 à 7 illustrent les différentes phases d'un mode de fabrication du détecteur photovoltaïque selon l'invention;

- la figure 8 montre la réponse spectrale d'un détecteur selon l'invention;

20 - la figure 9 montre la caractéristique tension-courant de ce détecteur.

Les figures 1 à 7 illustrent la fabrication d'un détecteur photovoltaïque selon l'invention selon le procédé décrit dans le brevet français 2 336 804.

25 Le présent exemple concerne un détecteur dont la sensibilité maximale se situe à  $1,3 \mu\text{m}$ . Le substrat du détecteur est constitué d'un alliage  $\text{Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{Te}$  dans lequel la proportion  $x$  de cadmium est d'environ 0,7.

On part d'un substrat 1, de type P (cf. figure 1) formé d'un cristal de  $\text{Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{Te}$  de très haute pureté, présentant donc une concentration en porteurs P très faible, de l'ordre de  $10^{15}/\text{cm}^3$ . Un tel cristal peut être obtenu par la  
5 méthode dite THM (Travel Heater Method), consistant à déplacer un lingot de Hg Te et un lingot de Cd Te par rapport à une zone chauffée dans laquelle un solvant tel que le tellure dissout les deux lingots. On obtient à la sortie de la zone de solvant un lingot unique de  $\text{Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{Te}$  de haute  
10 pureté, dans lequel la valeur x est fonction des sections des lingots de départ. Un tel procédé est décrit dans un article de R. Triboulet intitulé "Cd Te and Cd Te : Hg alloys cristal growth using stoichiometric and off-stoichiometric zone passing techniques", paru dans la Revue de  
15 Physique Appliquée, tome 12, février 1977, page 123.

Sur le substrat 1, on dépose une couche 2 de Cd Te, par exemple par pulvérisation cathodique. Puis on dépose sur la couche 2 une couche de masquage 3 (figure 2), de préférence en ZnS, SiO ou  $\text{SiO}_2$ . On soumet ensuite l'élément de la figure 2 à un traitement thermique à une température comprise  
20 entre 200 et 400°C, de façon à recristalliser la couche 2 et à lui donner une composition qui varie graduellement, la couche 2 ayant une composition identique à celle du substrat 1 à l'interface avec celui-ci et étant composée de  
25 Cd Te pur à l'interface avec la couche 3 de ZnS, SiO ou  $\text{SiO}_2$ .

Après ce traitement thermique, on réalise au moins une ouverture 10 dans les couches 2 et 3 de façon à mettre à nu une partie de la surface 1a du substrat (figure 3), puis on  
30 dépose au moins dans l'ouverture 10 une couche 4 de Cd Te (figure 4).

Ensuite, on fait diffuser du mercure (flèche 5, figure 5) dans le substrat à travers la couche 4 de Cd Te. Celle-ci est perméable au mercure à la température de diffusion,

supérieure à 300°C. On obtient ainsi une zone 6 de type N, de dopage environ  $10^{16}$  atomes/cm<sup>3</sup>, qui forme avec le substrat P une jonction 7. Comme on l'a expliqué ci-dessus, cette jonction est une jonction PIN, car elle comporte une zone à faible dopage ( $10^{13}$ /cm<sup>3</sup>) dite zone intrinsèque, relativement épaisse.

On pratique ensuite une ouverture 8 dans la couche 4 par attaque chimique, et on remplit cette ouverture avec un métal conducteur tel que Al ou In afin de réaliser un contact 9.

Le détecteur photovoltaïque obtenu présente la réponse spectrale représentée à la figure 8. La bande de sensibilité va de 0,9 à 1,35  $\mu$ m, avec un maximum à 1,3  $\mu$ m. La courbe de la figure 8 donne la réponse spectrale à la température ambiante (T = 300°K) et en l'absence de polarisation.

Un exemple de la caractéristique IV (tension-courant) est donné à la figure 9 pour un détecteur d'une surface sensible de  $3 \cdot 10^{-4}$  cm<sup>2</sup>.

Les caractéristiques du détecteur sont les suivantes :

20	tension d'avalanche (à I = 10 $\mu$ A)	> 70 V
	courant de saturation	< 1 nA
	courant inverse (V = -10 volts)	10 nA
	capacité totale (V = -10 volts)	< 1 pF
	capacité de jonction (V = -10 volts)	< 0,1 pF
25	produit résistance-surface (V = 0 volt)	$6 \cdot 10^4 \Omega \text{ cm}^2$
	réponse en courant à $\lambda = 1,3 \text{ m}$	> 0,5 A/W
	gain interne à V = -10 volts	> 5

Le détecteur décrit présente une constante de temps de réponse inférieure à 1 nanoseconde pour une polarisation inverse égale à -10V, ou encore, une bande passante à -3 dB supérieure à 500 MHz.

Un autre exemple de réalisation, pour un détecteur d'une surface sensible d  $1.10^{-4} \text{ cm}^2$ , est donné par le tableau ci-dessous:

	TEMPERATURE DE FONCTIONNEMENT	$T = 300^\circ \text{ K}$
5	Surface sensible	$1 \times 10^{-4} \text{ cm}^2$
	Etendue spectrale	0,9 - 1,3 micron
	Responsivité	$\geq 0,8 \text{ A/W}$
	Produit résistance-surface ( $v = 0 \text{ volt}$ )	$6 \times 10^{-4} \Omega \text{ cm}^2$
	Courant d'obscurité ( $v = -10 \text{ volts}$ )	$\leq 1 \text{ nA}$
10	Tension d'avalanche	$\geq 70 \text{ V}$
	Capacité totale ( $v = -10 \text{ volts}$ )	$< 1 \text{ pF}$
	Temps de montée ( $v = -10 \text{ volts}$ )	$< 1 \text{ ns}$
	Bande passante ( $v = -10 \text{ volts}$ )	$> 500 \text{ MHz}$

- 15 Les détecteurs décrits présentent un maximum de sensibilité à  $1,3 \mu\text{m}$ . Si l'on désire obtenir un détecteur présentant une réponse spectrale différente, par exemple avec un maximum à  $1,6 \mu\text{m}$ , on partira simplement d'un substrat de composition différente. La variation de la réponse spectrale en fonction des proportions de cadmium et de mercure dans l'alliage
- 20  $\text{Hg}_{1-x} \text{Cd}_x \text{Te}$  est en soi une donnée bien connue.

Revendications

1. Détecteur photovoltaïque ayant sa sensibilité maximale entre 0,8 et 2  $\mu\text{m}$ , caractérisé par le fait qu'il comprend un substrat (1) de type P en  $\text{Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{Te}$ , x étant choisi, à l'intérieur d'une plage de 0,4 à 0,9, en fonction de la  
5 réponse spectrale désirée, le substrat ayant une concentration en porteurs P inférieure à  $10^{15}/\text{cm}^3$ , et une zone dopée (6) de type N formée sur le substrat (1), la jonction (7) résultante étant du type PIN.
2. Détecteur selon la revendication 1, caractérisé par le  
10 fait que la zone N est formée par diffusion thermique de mercure à travers une couche de Cd Te.
3. Détecteur selon la revendication 1, caractérisé par le fait que la zone N est formée par implantation ionique d'indium, d'aluminium ou de bore.

BAD ORIGINAL



FIG.1

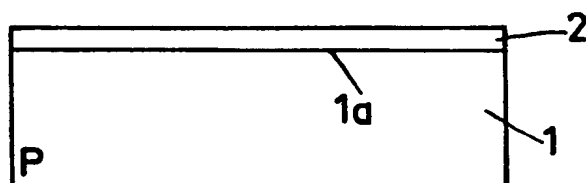


FIG.2

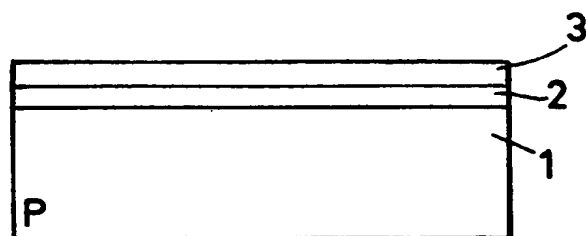


FIG.3

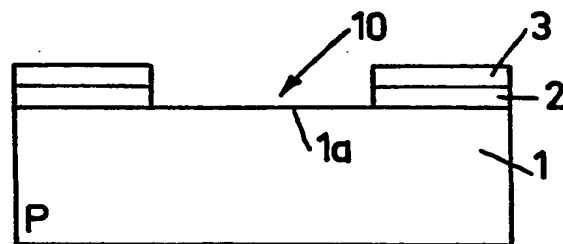


FIG.4

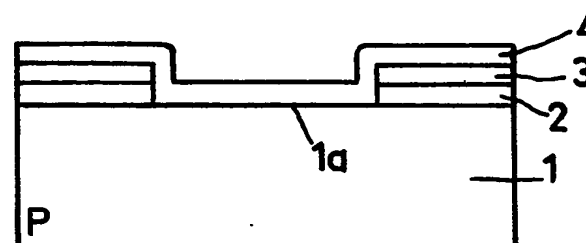




FIG.5

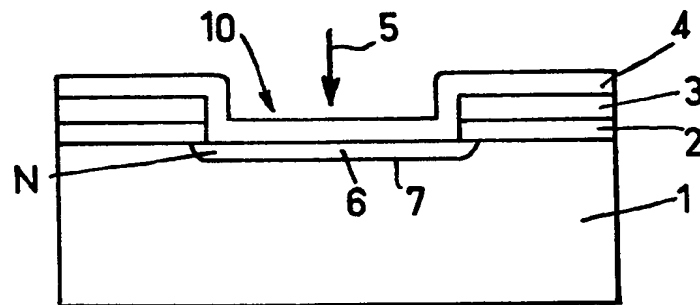


FIG.6

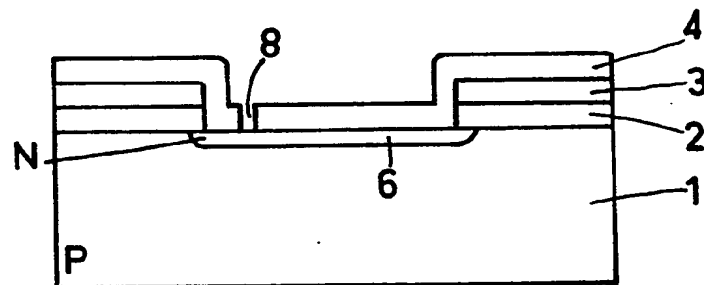
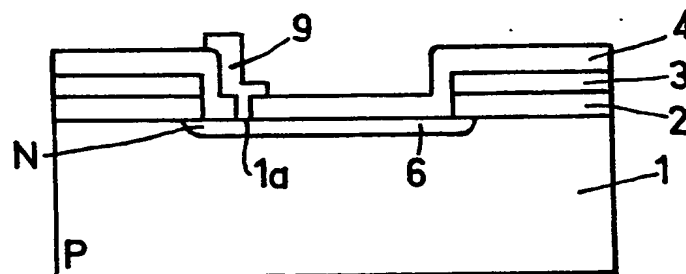


FIG.7



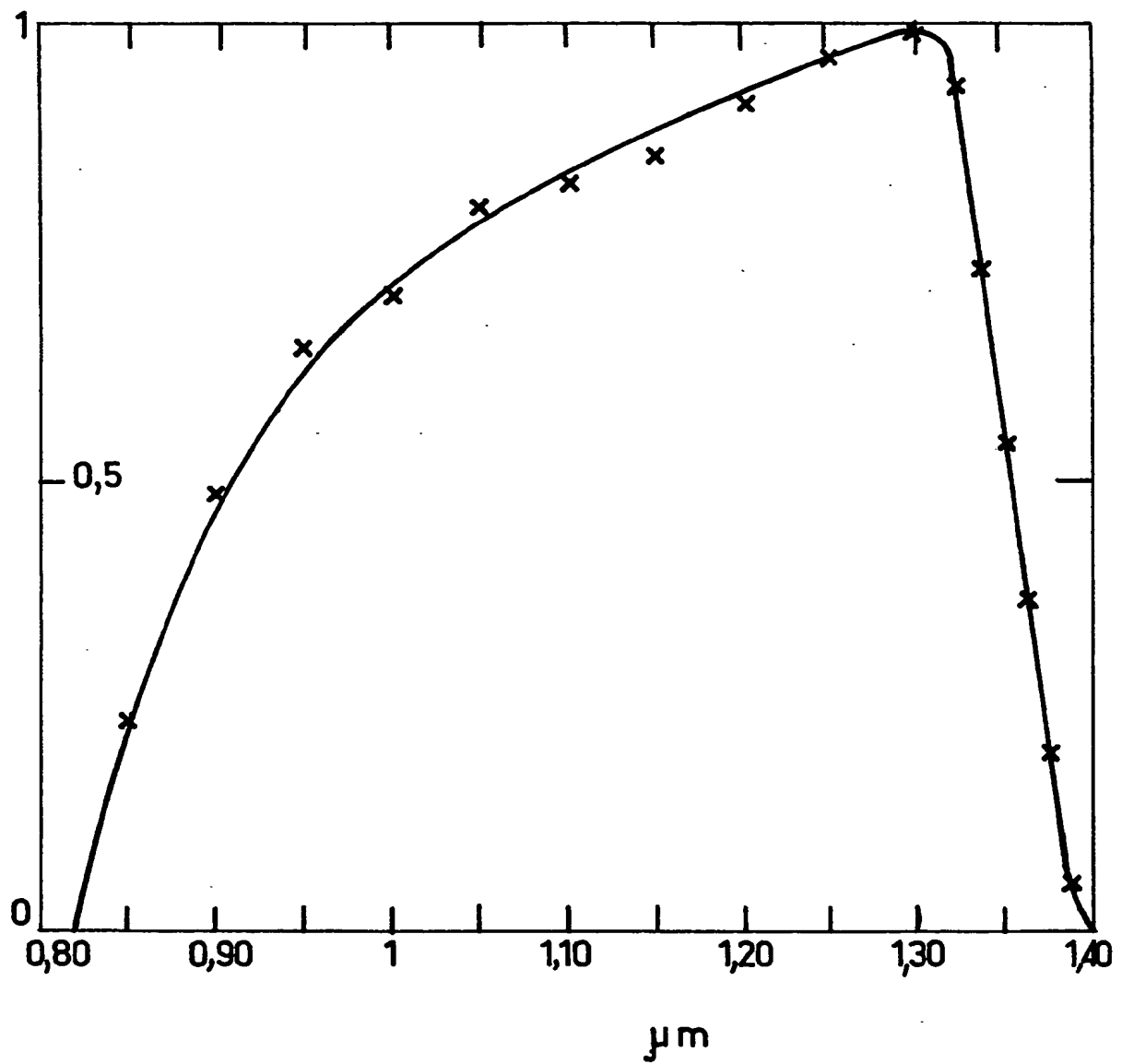


FIG.8

4/4

0045258

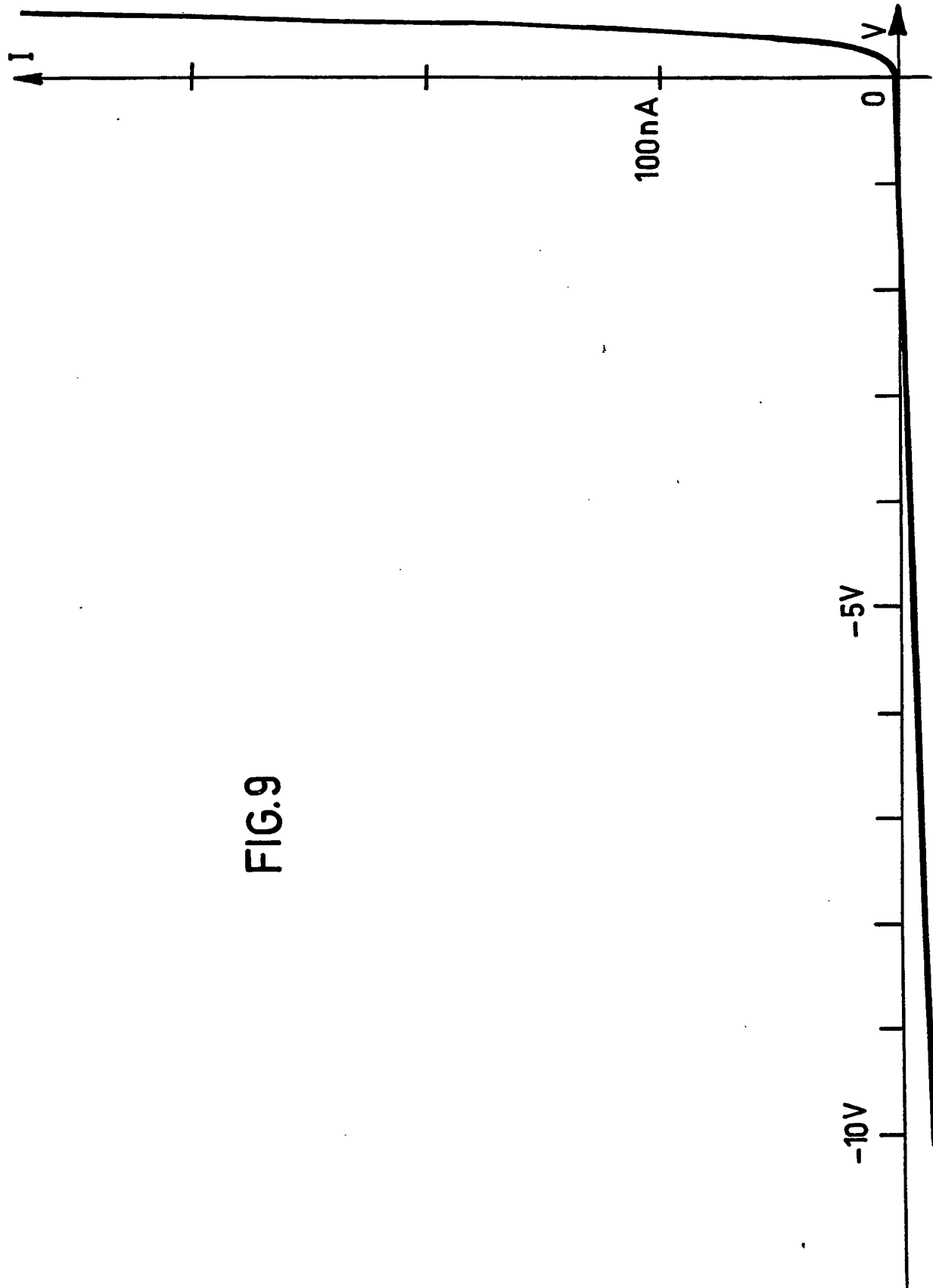


FIG.9

